

ADHESIÓN MICROBIANA EN EL RUMEN

Ing. Zoot. María del Rosario Blanco y Med. Vet. Oscar E. Rivera*. 1999.

*Supervisión.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Fisiología digestiva](#)

La adhesión de las bacterias, protozoarios y hongos es un mecanismo importante para la degradación de la pared celular de las plantas ingeridas por los rumiantes.

La adhesión es una estrategia microbiana por la cual los microorganismos se pegan al alimento y evitan ser lavados o arrastrados por el sistema líquido. Algunos tipos de bacterias del rumen se adhieren a las partículas alimenticias y otras se adhieren a la pared del rumen.

La adhesión es un factor importante en la competencia microbiana, y permite a los microbios ejecutar una dominancia sobre el sustrato y en las cercanías de este.

La adhesión puede involucrar varios mecanismos incluyendo fimbrias, estructuras de superficie proteináceas, el glycocalix (característica de algunas bacterias celulolíticas), y lectinas como intermediarias.

El proceso de adhesión comienza por iones o asociación hidrofóbica involucrando fuerzas de van der Waals. La salida de cationes es importante porque tanto las células microbianas como las partículas de comida están cargadas negativamente. Iones covalentes como el Mg o Ca, o el efecto del K pueden neutralizar la carga iónica que repele. Hay también reconocimiento en los sistemas de adhesión específica que permiten a los microorganismos buscar el sustrato más favorable.

La adhesión comienza por los bordes de la superficie de las plantas; menos frecuentemente sobre las superficies lignificadas o cutículas.

La digestión de la celulosa involucra la adhesión de celulosomas a la membrana, rompiendo la celulosa cristalina, creando zonas amorfas, dividiendo la celulosa en ocho piezas de azúcares insolubles.

Algunos microorganismos digieren hemicelulosa y excretan fragmentos de pentosas; tomando primero la celulosa que es el principal sustrato.

Otros organismos secundarios metabolizan las pentosas y otros productos de la fermentación primaria.

No hay celulosas libres en el rumen, aunque hay cantidades significativas de hemicelulosas solubles y amilasas.

Hay una íntima asociación en la adhesión entre los organismos celulolíticos y hemicelulolíticos que coexisten simbióticamente.

Los sustratos más fácilmente degradables desaparecen rápidamente de la superficie, y los fragmentos fermentables aparecen en solución favoreciendo la secreción extracelular de enzimas.

Aunque también se presentan en un sustrato completamente degradable zonas donde no hay bacterias adheridas.

El máximo nivel de digestión está determinado por las características del sustrato y por sus propiedades físico químicas.

Para que las bacterias mantengan su número en el rumen, es necesario que su tiempo de generación sea más corto que la velocidad de intercambio de la digesta del rumen. Si no fuese este el caso, las bacterias podrían ser arrastradas fuera del rumen. Como la velocidad de salida de la fase particulada es mucho más lenta que la de la fase líquida en el rumen, las especies de crecimiento más lento evitan ser arrastradas fijándose a diversas superficies.

La mayoría de las bacterias descubiertas en el rumen se fijan a partículas de materia. Con dietas ricas en forrajes se produce una estratificación del contenido del rumen, descubriéndose mayor número de bacterias en la materia fibrosa de la región dorsal que en el contenido ventral más líquido. (Church, 1993) El grado de digestión y la tasa de pasaje son factores fundamentales que determinan el balance de la población microbiana y su eficiencia.

Estas dos variables explican los efectos adversos que tienen las dietas finamente molidas sobre la adherencia ya que las partículas más pequeñas de sustrato son las que más rápidamente abandonan el rumen.

La adhesión de los microorganismos al sustrato es esencial para la supervivencia de los mismos. Por lo tanto diversos mecanismos son desarrollados por los microorganismos con este fin. Estudios realizados con microscopía electrónica permitieron cuantificar la unión de los microorganismos ruminales a la superficie del sustrato. Así se determinó que la proporción de microorganismos unidos a las partículas de alimento está en el rango de entre el 50-80% y que los mismos presentan el 80% de la actividad de endoglucanasas; 70% de la actividad de las amilasas y 64% de las proteasas.

Así mismo se ha reportado que las actividades de hemicelulasas, celulasas y amilasas son más altas en las poblaciones unidas a partículas que los que están en la fracción líquida.

De estos estudios se desprende la real importancia de los mecanismos de adhesión sobre la degradación de la pared celular de las plantas.

También existe una preferencia por los sitios de adhesión y diferencias en la batería enzimática que producen y por ende en la hidrólisis.

Hay factores que inhiben la adherencia al sustrato por ejemplo: temperatura, pH, potencial redox, azúcares, iones y antibióticos.

a) Se ha clasificado a la adhesión como específica y no específica.

La adhesión no específica está gobernada por fuerzas fisicoquímicas.

A su vez este tipo de adhesión puede ser reversible o no reversible de acuerdo a sí dicha unión puede ser removida o no por una tracción moderada o lavado.

Las diferentes fuerzas de atracción entre el sustrato y las bacterias dependerán de la distancia que los separe.

El proceso de adhesión se inicia cuando las bacterias están dentro del rango de atracción de las fuerzas de van der Waals ($< 50 \text{ n}$).

b) Una forma de estudiar la adhesión es la medición del balance de la energía libre de todas las interfaces envueltas en este proceso, para determinar si la misma es termodinámicamente favorable.

Diversos estudios demostraron que la adhesión se produce cuando la energía libre de la interfase es menor y las células se separan del sustrato cuando la misma es mayor, pero las bacterias no presentan una superficie celular regular con una composición molecular uniforme; por ello este punto es de difícil estudio.

c) Los cationes cumplen un rol muy importante en la adhesión.

Se ha demostrado que la adición de Ca^{2+} a la dieta mejoró la adhesión bacteriana a la fibra.

Dos interpretaciones han sido propuestas para el rol que cumplen los cationes en la adhesión: La primera implica a los cationes en la formación de puentes catiónicos entre las bacterias y el sustrato. La segunda propone a los cationes como anclaje de ciertas adhesinas.

d) La adhesión está influenciada por la producción de adhesinas específicas para los sustratos.

Se han caracterizado algunas de ellas para pocas especies bacterianas.

e) Las fimbrias son agregados proteicos presentes en bacterias Gram + y Gram - que favorecen la adhesión; Están formadas por subunidades y son denominadas en algunos casos adhesinas.

f) La formación de cápsulas alrededor de las bacterias parece no tener ninguna influencia en la adhesión inicial al sustrato pero parece actuar favorablemente durante el crecimiento y reproducción de las mismas.

g) Generalmente la hidrofobicidad es importante en la remoción de agua entre las superficies que interactúan. La dimensión de la capa de agua alrededor de cada célula está afectada por la hidrofobicidad celular y por la concentración electrolítica. Rosenberg y Kjelleberg (1986) denominaron hydrophobin a un componente de la superficie celular que contribuye a la hidrofobicidad de la superficie de la célula y presumen que todas las hydrophobinas son adhesinas. Abraham et al. (1985) demostraron que las hydrophobinas son reconocidas por receptores celulares epiteliales específicos y que la adhesión fue mediada por este mecanismo.

ADHESIÓN DE LAS BACTERIAS CELULOLÍTICAS

La adhesión de las bacterias celulolíticas del rumen al sustrato es de vital importancia para la supervivencia de las mismas, y para permitir una acción enzimática más eficiente mediante enzimas localizadas en el material extracelular o en la superficie celular. Si bien la adhesión no asegura de por sí la degradación del sustrato, debemos convenir en que es el primer paso hacia ella.

h) Existen diversos factores medioambientales del rumen que influyen sobre la adhesión de las distintas especies bacterianas sobre las partículas de alimento. Estos factores han sido estudiados por distintos autores con la finalidad de determinar las condiciones que optimizan la misma. El conocimiento de estos factores y su efecto sobre la adhesión permitiría su uso como una herramienta para mejorar la digestibilidad de los alimentos.

Algunos resultados de ensayos son coincidentes entre distintos autores y otros difieren en mayor o menor grado; pero debemos tener en cuenta que los trabajos no fueron realizados en todos los casos bajo las mismas condiciones ni con las mismas especies microbianas.

Uno de los factores analizados fue el O_2 , y se observó que el mismo no produjo cambios en la adhesividad de *R. albus* y *R. flavefaciens* pero la disminuyó en un 80% en *F. succinogenes* luego de 5 minutos.

La temperatura disminuyó la adhesividad en un 100% en *R. albus*, *F. succinogenes* y *R. flavefaciens* al llegar a los 4°C pero no la afectó si la misma se mantenía en 38°C .

El pH afecta la adhesión de *R. albus* disminuyéndola cuando alcanza valores de 4,5-5 pero se mantuvo inalterable en rangos de 5,5 a 8. *F. succinogenes* mantuvo su adhesividad entre valores de pH de 5,3 a 6,8. *R. flavefaciens* presentó un descenso del 55% de su adhesividad con pH 4, no presentó cambios a pH 6 y nuevamente disminuyó su adhesividad en un 40% con valores de pH de 8.

El aumento de las fuerzas iónicas produjeron un aumento en la adhesividad tanto en *R. albus* como en *F. succinogenes*.

La glucosa en una concentración de 1% aumentó la adhesividad de *R. albus*.

La celobiosa en una concentración de 1% disminuyó la adhesividad de *R. albus* pero existen datos contradictorios que refieren un aumento en la misma, mientras que todos los estudios mencionan una disminución en la adhesividad tanto en *F. succinógenes* como en *R. flavefaciens*.

Los cationes bivalentes como el Ca^{2+} aumentan la adhesividad en *R. albus* en un estudio pero en otro la misma disminuyó. El Ca^{2+} y el Mg^{2+} no presentaron cambios en la adhesividad de *F. succinógenes* y la aumentaron en *R. flavefaciens*.

La metilcelulosa y carboximetilcelulosa disminuyen la adhesividad en las tres especies bacterianas.

Los formaldehídos disminuyen la adhesividad tanto en *F. succinógenes* como en *R. flavefaciens* (Pell and Schofield, 1993).

i) Estructuras implicadas en la adhesión:

1). Los celulosomas son complejos enzimáticos extracelulares que contienen largas proteínas glicosiladas que presentan distintas actividades. Tanto *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Bacterioides succinógenes* los poseen.

En diversos trabajos fue demostrado que los celulosomas tienen un mayor desarrollo en bacterias creciendo en celulosa que en celobiosa.

Existen evidencias de que las celulasas presentes en estas estructuras actúan sinérgicamente y que afectan tanto la proporción como la extensión de la degradación de la celulosa.

2). Los exopolisacáridos componen una delgada capa de glicoproteínas que rodea a las bacterias y que está involucrada en la adhesión de las mismas al sustrato. El examen de la fijación de las distintas especies del rumen a las membranas de las células vegetales indica que inicialmente se produce una fijación mediante una especie morfológicamente distinta. Esto va seguido por la adherencia de otra especie a la envoltura de glicoproteína de la misma especie, por lo que intervienen ambas especies. Según avanza la digestión, la población adherente crecerá sobre el sustrato hasta que las células sean liberadas pasando al fluido del rumen bien para recolonizar un nuevo sustrato o para abandonar el rumen (Mc Cowan et al. 1978)

- Diferentes estudios comprobaron la presencia de la misma tanto en *R. albus* como en *B. succinógenes*.

j) Adhesión en diferentes sustratos: Del 40 al 75% de las bacterias del rumen se adhieren íntimamente a las partículas. El método de asociación varía con la especie bacteriana. El glicocáliz de polisacáridos fija la bacteria a las superficies y la protege de los fagos. La formación de microcolonias puede tener una función similar. En el fluido ruminal de animales alimentados con dietas de cereales suelen descubrirse rosetas de bacterias que se multiplican desde un gránulo central de almidón. La fijación íntima a los forrajes o la existencia de microcolonias facilita la apropiación de nutrientes liberados de las partículas durante la digestión. De ahí que sea diferente la disponibilidad de nutrientes para las microcolonias o para las bacterias provistas de glicocáliz que para los microbios de vida libre. La concentración de nutrientes liberados de las partículas será mayor para las partículas adheridas que para las libres, aunque las concentraciones de nutrientes solubles, como amoníaco, que deben difundirse desde el flujo ruminal serán superiores para las bacterias libres que para las asociadas a las partículas o en microcolonias. Si son diferentes las disponibilidades de nutrientes, también variarán las tasas de crecimiento microbiano y su eficacia.

La adherencia bacteriana y el movimiento entre las partículas varía con el tiempo transcurrido tras una toma. Inmediatamente después de ingerido el pienso se colonizan rápidamente las nuevas partículas alimenticias. La velocidad de colonización depende de la composición, tamaño de las partículas y de la familiarización de los microbios con el alimento. La presencia de sustratos competitivos o de factores inhibidores puede reducir o retrasar la adherencia.

Los animales suelen realizar un mayor consumo de aquellos forrajes que son más ricos en materia seca soluble, debido posiblemente a una mayor rapidez de colonización de la fibra y al menor espacio que ocupa en el rumen la fibra no digerida.

Muchas bacterias se adhieren únicamente a estructuras vegetales específicas. Los tejidos mesofílicos y del floema son digeridos primero con rapidez y facilidad, dejando los tejidos del esclerénquima y xilema que son más resistentes.

La digestión de los tejidos vegetales por las bacterias adherentes es progresiva y secuencial.

Las bacterias penetran inicialmente en las membranas celulares a través de los estomas y fracturas creadas por el tratamiento o masticación. La colonización tiene lugar en el interior de la membrana, no en la superficie expuesta. Trabajando en el interior, las colonias bacterianas quedan protegidas de la predación por protozoos y de la competencia por nutrientes por otras especies bacterianas. Posteriormente cuando se fragmentan y dividen los tejidos vegetales, los microorganismos siguen unidos a las partículas que cada vez son más pequeñas. Aunque porciones refractarias del vegetal no son colonizadas intensamente durante las primeras horas del consumo. Los más intensamente lignificados no se colonizan en lo absoluto. Con los cereales enteros, la envoltura dura de los granos limita el acceso al almidón interno. Las bacterias amilolíticas son capaces de atacar inmediatamente las partículas de los vegetales tratados.

ADHESIÓN DE LAS BACTERIAS AMILOLÍTICAS

Bacteroides amylophilus, *B. ruminicola* y *Bifidobacterium* sp. se fijan a los gránulos de almidón. La fijación puede verse influenciada por la temperatura y por los productos finales de la hidrólisis del almidón. Estas especies gozan de una potente actividad amilasa intracelular. Las especies con fuerte actividad amilasa extracelular, tales como *B. fibrisolvens* y *S. bovis*, son incapaces de fijarse al almidón.

ADHESIÓN A LA PARED DEL RUMEN

También existe una abundante población de bacterias adheridas a la pared del rumen. Muchos de estos microorganismos son anaerobios facultativos, y se considera que la pequeña población de estas bacterias que se descubre siempre en el contenido del rumen puede deberse a una transferencia continua desde la pared del rumen. Resulta interesante que un número importante de estas bacterias adherentes sean ureolíticas. El tipo de dieta consumida parece influir notablemente en la distribución de las bacterias sobre la pared del rumen (McCowan et al. 1978)

ADHESIÓN DE BACTERIAS A LOS PROTOZOOS

Ha sido observada la fijación de bacterias a los protozoos, aunque no se conoce bien la importancia de esta fijación (Imai et al. , 1978) *Methanobrevibacter ruminantium* se descubre unido a la superficie de los protozoos (Vogels et al. 1980), y es posible que dicha asociación facilite la transferencia interespecífica de hidrógeno. La frecuencia de la unión de las bacterias metanogénicas y los protozoos parece aumentar durante el ayuno y disminuye cuando el animal recibe alimentos (Stumm et al. , 1982).

Aunque la fijación no influye sobre el número y tipos de microorganismos descubiertos en el rumen y es ventajosa para la supervivencia y competitividad de ciertas especies importantes del rumen, provoca dificultades en la cuantificación experimental. La fijación de las bacterias no solo impide realizar un recuento exacto del número de microbios presentes en el rumen, sino que además crea un problema para separar el N microbiano del N dietético en la digesta que sale del rumen.

ADHESIÓN DE LOS PROTOZOOS

La dificultad encontrada para realizar cultivos de protozoos sin bacterias limita el conocimiento del rol que cumplen los protozoos en la digestión de la fibra. La forma en que la adhesión de protozoarios afecta la digestión de la fibra es complicada porque hay varias especies de protozoarios que ocupan diferentes nichos en el rumen.

El género *Epidinium* se adhiere al sustrato y tiene varias enzimas extra e intracelulares capaces de degradar la celulosa, hemicelulosa o xilanos.

Algunos estudios han descripto que la asociación planta-protozoos ocurre rápidamente (alrededor de 15 min.)luego de la ingesta.

Los protozoos que tienen gran actividad celulolítica son: *Diplodinium*, *Eudiplodinium* y *Polyplastron*.

En estudios realizados con holotrichs se determinó que la adhesión ocurre solamente si se encuentran componentes solubles en agua en los tejidos vegetales ya que en dicha adhesión interviene una quimiotaxis hacia la sucrosa, glucosa y fructosa. También se requiere la presencia de proteínas solubles.

Los autores concluyen que el mecanismo de adhesión de holotrichs tiene la desventaja sobre otros microorganismos porque depende de carbohidratos solubles.

ADHESIÓN DE HONGOS RUMINALES

La mayoría de las especies de hongos produce un gran rango de enzimas extracelulares que degradan las paredes de las plantas. La adhesión ocurre alrededor de los 15 minutos de la ingesta. Los sitios de adhesión preferencial son los tejidos dañados y estomas sobre tejidos lignificados. A bajos pH disminuye la adhesión de hongos en diferentes dietas. Algunos hongos mostraron quimiotaxis sobre algunos carbohidratos y fueron identificados cuatro quimiorreceptores. La respuesta quimiotáctica fue sensible a concentraciones bajas de sucrosa, sugiriendo que los hongos migran sobre los gradientes de carbohidratos localizados en los tejidos de las plantas (Pell and Schofield, 1993)

HONGOS ANAERÓBICOS

La microbiota ruminal por largo tiempo se creyó compuesta por una población de bacterias y protozoarios pero estudios de microscopía electrónica en fragmentos vegetales del rumen han demostrado la presencia de grandes cantidades de hongos anaerobios.

Anteriormente se creía que sólo las bacterias celulolíticas desarrollaban una importante función en la digestión de la fibra.

Actualmente se sabe que los hongos anaerobios que colonizan la fibra también digieren celulosa y su contribución a la digestión y fermentación ruminal debe ser evaluada.

No hay evidencias de que puedan digerir la lignina. Sus rizoides pueden penetrar las paredes de las células de las plantas y las superficies lignificadas no parecen ofrecer una barrera.

Las zoosporas se adhieren a las fibras y desarrollan esporangios y rizoides que penetran en la matriz lignocelulósica. Las enzimas son secretadas por los rizoides y los nutrientes son transportados hacia el esporangio.

El grado de digestión de la fibra, en estudios con hongos solos, es más bajo que cuando está junto con bacterias.

Los hongos atacan partículas groseras y las fermentan más rápidamente que las bacterias. La ventaja de estos es la penetración de las paredes celulares por las hifas. Los hongos presentan menores ventajas con las partículas finas.

Existen evidencias de que la inoculación de hongos en rumen mejora la digestión de la fibra, la ingesta y el crecimiento en rumiantes jóvenes. Los hongos producen AGV, gas y algo de etanol y lactato.

La mayoría de las especies de hongos producen un gran rango de enzimas extracelulares que degradan las paredes celulares de los vegetales. La diversidad de enzimas secretadas incluyen: celulasas, hemicelulasas, proteasas y enzimas capaces de degradar xilanos, monosacáridos y disacáridos. Las especies conocidas hasta el presente son: *Neocallimastix* sp., *Piromonas communis*, *Neocallimastix patriciarum*, *Sphaeromonas communis*. Pero solo el género *Neocallimastix* ha sido caracterizado legítimamente. Los representantes de este género son monocéntricos y holocárpicos con desarrollo endógeno; sus estados vegetativos son saprofiticos sobre los tejidos de las plantas. Las zoosporas son móviles, con formas variables, con el aparato flagelar orientado posteriormente y son capaces de tener movimientos ameboides.

Las zoosporas se localizan y germinan sobre los tejidos de las plantas ingeridas. El sistema rizoidal de los tallos de los hongos normalmente penetra los tejidos de las plantas desarrollando el esporangio sobre el exterior de la superficie de los fragmentos de plantas.

Los flagelados son liberados de los esporangios maduros e infectan otros fragmentos de plantas en el rumen.

CICLO DE VIDA

En animales comiendo una vez por día la liberación de zoosporas ocurre rápidamente luego de la ingesta.

En *Neocallimastix* el pico en la densidad de población de zoosporas se da entre los 15-30 minutos después de la ingesta y en *Sphaeromonas* y *Piromonas* el pico se produce a la hora de la ingesta.

Las zoosporas libres de *Neocallimastix* muestran quimiotaxis sobre los carbohidratos solubles. Estos carbohidratos presentes en los tejidos de las plantas frescas ingeridas difunden dentro del licor ruminal y probablemente las zoosporas migren sobre los gradientes de carbohidratos solubles, se localizan sobre las partículas de las plantas, dañando su superficie.

Cuatro quimiorreceptores fueron identificados: glucosa, fructosa, manitol y manosa.

Después que los tejidos de las plantas fueron colonizados por las zoosporas, ocurre el ataque enzimático y la germinación, seguidos por la penetración de los rizoides y el subsecuente desarrollo del esporangio.

El ciclo de vida de *Neocallimastix* spp. En estudios in vivo e in vitro fue completado entre 24 a 32 hs.

En animales con ingesta continua el ciclo se puede acortar a 8 hs.

ATAQUES A LOS TEJIDOS DE LAS PLANTAS

El ataque de las paredes celulares de los vegetales por los hongos se realiza por acción enzimática, acción mecánica o una combinación de las dos aunque aún no está totalmente establecido el tema. Los hongos tienen habilidad para acceder a los polisacáridos de las plantas que no son accesibles para las bacterias.

En el rumen existen asociaciones entre algunas sp. de hongos y bacterias como por ejemplo: *Neocallimastix* y *Piromonas* forman asociaciones estables con bacterias metanogénicas y esto incrementa la actividad celulósica.

Poco es conocido acerca de la interacción de otros hongos ruminales con otras especies de bacterias.

ALGUNOS ESTUDIOS SOBRE EL TEMA:

-En un estudio se evaluó la quimioatracción de las zoosporas de algunas sp. de hongos ruminales (monocéntricos y policéntricos) por los ácidos fenólicos; p-cumárico, ácido ferúlico y ácido syringico.

Estos ácidos han sido reconocidos como inhibidores de la adhesión y acción celulolítica de algunas bacterias ruminales disminuyendo por lo tanto la degradabilidad de la fibra.

Además es reconocida la capacidad de las enzimas producidas por los hongos para solubilizar los ácidos fenólicos. Por lo tanto es de importancia la evaluación de la quimiotaxis de las zoosporas por los ácidos mencionados.

En este estudio se determinó que el orden de quimioatracción fue el siguiente: ácido p-cumárico > ác. Ferúlico > ac. Siríngico (Wubah et al. , 1996)

- Otro estudio evaluó la influencia del consumo de H bacteriano sobre la degradación de la celulosa por los hongos anaerobios, concluyendo que la presencia de bacterias metanogénicas incrementa el nivel de fermentación de celulosa entre 5-10% en cultivos de hongos (*Neocallimastix* sp.) Los metanogénicos causaron una desviación en la fermentación de productos, aumentando el acetato y disminuyendo el lactato, succinato y etanol.

La influencia observada de la presencia de metanogénicos fue interpretada como un indicador de salida de electrones, favoreciendo la producción adicional de acetato y probablemente ATP (Marvin-Sikkema et al. ,1990)

- En otra experiencia fue medido el efecto del extracto del hongo *Aspergillus oryzae* solo o en combinación con componentes antimicrobianos sobre las bacterias ruminales. Un filtrado estéril de *A. oryzae* no afectó el crecimiento de 10 de las 19 bacterias ruminales testeadas; pero si incrementó el crecimiento de bacterias que digieren fibra.

Este estudio reportó que la adición de *A. oryzae* filtrado al medio conteniendo clortetraciclina o neomicina tiende a disminuir los efectos negativos de éstos componentes sobre el crecimiento de algunas bacterias ruminales.

Los resultados indicaron que *A. oryzae* estimula el crecimiento de algunas bacterias que digieren fibra y fermentan lactato en el rumen e interactúan positiva o negativamente con ciertos aditivos antimicrobianos en la dieta (Beharka et al. , 1998)

- Otro ensayo efectuó la comparación entre las actividades amilolíticas y proteolíticas de hongos creciendo sobre granos de cereales.

Fue medido el crecimiento en celobiosa y granos de cereal de cepas de *Neocallimastix patriciarum*, *Orphinomyces jayonii*, *Piromyces communis* Se evaluaron sus propiedades proteolíticas y amilolíticas. Sobre la celobiosa las tres tuvieron similares actividades. El crecimiento sobre granos de cebada, maíz y trigo mostró diferencias en las propiedades proteolíticas y amilolíticas, entre los hongos ruminales y entre los granos de cereales. Estos datos sugieren que estos hongos son capaces de fermentar los granos de cereal y que el ataque enzimático varía entre las cepas de hongos y entre los granos de cereal (Yanke et al.,1993).

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAM S.N., BABU J.P., GIAMPAPA D.L., HASTY W.A., SIMPSON A. and BEACHEY A. Protection against *Escherichia coli* induced urinary tract infections with hybridoma antibodies directed against type 1 fimbriae or complementary d-mannose receptors. *Infect. Immun.* 48: 625-628 , 1985.
- BEHARKA A.A.,NAGARAJA T.G. Effect of *Aspergillus oryzae* extract alone or in combination with antimicrobial compounds on ruminal bacteria. *J. Dairy Sci.*81(6):1591-98, 1998.
- IMAI S. and OGIMOTO K. *Japan J. Vet. Sci.* 40: 9, 1978.
- MARVIN-SIKKEMA F.D., RICHARDSON A.J., STEWART C.S., GOTTSCHAL J.C., PRINS R.A. Influence of hydrogen-consuming bacteria on cellulose degradation by anaerobic fungi. *Appl Environ Microbiol* 56(12): 3793-7, 1990.
- MC COWAN R.P., CHENG K.J., BAILEY C.B.M. and COSTERTON J.W. *Appl. Environ. Microbiol.* 35: 149, 1978.
- PELL A.N., and SCHOFIELD P. Microbial adhesion and degradation of plant cell walls in Forage cell wall structure and digestibility. 397-423, 1993
- ROSENBERG M, and KJELLEBERG S. Hydrophobic interactions: role in bacterial adhesion.
- STUMM C.K., GIJZEN H.J. and BOGELS G.D. *Brit. J. Nutr.* 47: 95, 1982.
- VOGELS G.D., HOPPE W.F. and STUMM C.K. *Appl. Environ. Microbiol.* 40: 608, 1980.
- WUBAH D.A., KIM D.S. Chemoattraction of anaerobic ruminal fungi zoospores to selected phenolic acids. *Microbiol. Res.* 151(3): 257-62 -02-28, 1996.
- YANKE L.J., DONG Y., MCALLISTER T.A., BAE H.D., CHENG K.J. Comparison of amylolytic and proteolytic activities of ruminal fungi grown on cereal grains. *Can J. Microbiol* 39(8)817-820, 1993.

[Volver a: Fisiología digestiva](#)